



Paper Type: Original Article



Data Envelopment Analysis and Efficiency of Firms: A Goal Programming Approach

Seyed Ahmad Edalatpanah^{*1}, Ramin Godarzi Karim², Bardia Khalilian³, Sara Partouvi⁴

¹Department of Applied Mathematics, Ayandegan Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran.

²Department of Mathematics, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, USA.

³Department of Management and International Business (MIB), University of Auckland, New Zealand.

⁴School of Management & Marketing, Taylor's University, Malaysia.

Citation:

Edalatpanah, S. A., Godarzi Karim, R., Khalilian, B., & Partouvi, S. (2020). Data envelopment analysis and efficiency of firms: a goal programming approach. *Innovation management and operational strategies*, 1(1), 1-16.

Received: 24/12/2019

Reviewed: 16/02/2020

Revised: 06/03/2020

Accept: 11/04/2020

Abstract

Purpose: Using the data envelopment analysis method to determine the most efficient companies listed on the Tehran Stock Exchange.

Methodology: In this study, three industries of banking, petrochemical and pharmaceutical have been studied to determine efficient companies. Then, using the ideal planning method, the investment percentage of each company's share in the portfolio is calculated. In this method, once the return and share risk as model variables and with another liquidity variable is added to them.

Findings: The results showed that after ranking the companies, their sensitivity can be analyzed and by determining the weaknesses and recognizing the impact of variables, to increase the efficiency of companies.

Originality/Value: Using the portfolio of efficient companies for investment leads to reducing investment risk and choosing the right portfolio.

Keywords: Data envelopment analysis, Efficiency of firms, Goal programming.

JEL Classification: C60, C61.

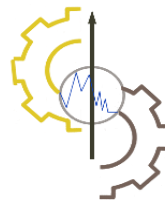
* Corresponding Author

Email Address: saedalatpanah@aihe.ac.ir



<http://doi.org/10.22105/imos.2021.266007.1024>

<http://doi.org/10.22105/imos.2021.266007.1024>



تحلیل پوششی داده‌ها و کارایی شرکت‌ها: رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی

سیداحمد عدالت‌پناه^{۱*}، رامین گودرزی کریم^۲، بردیا خلیلیان^۳، سارا پرتوی^۴^۱دانشکده ریاضی کاربردی، موسسه آموزش عالی آیندگان، تنکابن، ایران.^۲دانشکده ریاضی، دانشگاه آلاباما، بیرمنگهام، آمریکا.^۳دانشکده مدیریت و تجارت بین‌الملل، دانشگاه آکلند، نیوزلند.^۴مدرسه مدیریت و بازاریابی، دانشگاه تیلور، مالزی.

دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳	بررسی: ۱۳۹۸/۱۱/۲۷	اصلاح: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶	پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۳
--------------------	-------------------	-------------------	-------------------

چکیده

هدف: استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین کاراترین شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش، برای تعیین شرکت‌های کارآ، سه صنعت بانکداری، پتروشیمی و دارویی، مورد بررسی قرار گرفته است. سپس با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی، درصد سرمایه‌گذاری سهم هر شرکت در پرتفوی، مورد محاسبه قرار گرفته است. در این روش، یک‌بار، بازده و ریسک سهم به عنوان متغیرهای مدل و بار دیگر، متغیر نقدشوندگی، به آن‌ها اضافه شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که می‌توان پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها، به تحلیل حساسیت آن‌ها پرداخت و با تعیین نقاط ضعف و نیز، شناخت میزان تأثیر متغیرها، برای بالا بردن سطح کارایی شرکت‌ها اقدام نمود.

اصالت/ارزش افزوده علمی: استفاده از پرتفوی شرکت‌های کارآ برای سرمایه‌گذاری، موجب کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و انتخاب پرتفوی مناسب می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی شرکت‌ها، برنامه‌ریزی آرمانی.

طبقه‌بندی JEL: C60، C61.



توسعه سرمایه‌گذاری از يك سو موجب جذب سرمایه‌های غیرکارآ و هدایت آن‌ها به بخش‌های مولد اقتصادی می‌شود و از سوی دیگر، با توجه به جهت‌گیری سرمایه‌گذاران (مبتنی بر ریسک‌پذیری و بازده)، سرمایه‌گذاری‌ها در صناعی هدایت خواهد شد که از سود بیشتر و یا ریسک کمتری برخوردار است و این امر، در نهایت، سبب تخصیص بهینه منابع خواهد شد. هدف اصلی در مدیریت پرتفوی، کمک به سرمایه‌گذار در انتخاب پرتفوی بهینه است. در این راستا، تحلیل وضعیت حال و گذشته‌ی شرکت‌ها و همچنین، شناسایی کارآترین شرکت‌ها بر اساس برخی از معیارها، کمک بسیار زیادی به سرمایه‌گذاران می‌کند. انتخاب پرتفوی مطلوب، یکی از مسائل مهم مورد بحث در گذشته و حال بوده و با پژوهش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته است، الگوهایی برای تعیین پرتفوی ارائه شده است که به مرور زمان، ایرادات هرکدام مشخص گردید و الگویی دیگر، جایگزین آن شده است. یکی از مشکلات اساسی الگوهای ارائه شده، نادیده گرفتن شاخص‌ها و ابعاد چندگانه برای ارزیابی نهایی پرتفوی سهام می‌باشد که این کاستی، اعتبار نتایج ارزیابی را زیر سؤال می‌برد. کاستی دیگری که به این الگوها وارد است، عدم شناسایی دلایل رد یا پذیرش يك شرکت در پرتفوی بهینه می‌باشد. در تحقیقاتی که تاکنون در زمینه‌ی شناسایی عوامل و شاخص‌های مؤثر بر تعیین پرتفوی بهینه صورت گرفته است، شاخص‌های بسیاری همچون نرخ بازده سرمایه، سود هر سهم، نسبت قیمت به سود و ریسک‌پذیری، شناسایی و در الگوهای مختلف، برای ارزیابی پرتفوی سهام به کار گرفته شده‌اند (بلک و لیت‌من^۱، ۱۹۹۲؛ دای و ون^۲، ۲۰۱۸؛ وو و همکاران^۳، ۲۰۱۹؛ رسول زاده و فلاح^۴، ۲۰۲۰؛ کلیسی و همکاران^۵، ۲۰۲۰؛ پرین و رانکالی^۶، ۲۰۲۰).

در این پژوهش، ابتدا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارآترین شرکت‌ها تعیین می‌گردند. این روش، در مورد شرکت‌های موجود در سه صنعت بانکداری، پتروشیمی و دارویی بررسی می‌شود تا شرکت‌های کارآ در هر صنعت، شناخته شوند. شرکت‌های کارآ و ناکارآ را مشخص می‌نماییم، شرکت‌های ناکارآ را رتبه‌بندی می‌کنیم و برای انتخاب پرتفوی بهینه، از بین شرکت‌های کارآ در نظر می‌گیریم. در ادامه، با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی، درصد سرمایه‌گذاری سهم هر شرکت در پرتفوی، محاسبه می‌گردد. در این روش، یک‌بار، فقط بازده و ریسک سهم به‌عنوان متغیرهای مدل در نظر گرفته می‌شوند و بار دیگر، متغیر نقد شوندگی به آن‌ها اضافه می‌گردد تا تأثیر این متغیر نیز بررسی شود و در نهایت، مدل‌ها با داده‌های واقعی استخراج‌شده از صورت‌های مالی شرکت‌های مربوطه و نیز، بانک اطلاعاتی بورس اوراق بهادار تهران، حل می‌گردند و نتایج به‌دست‌آمده، تحلیل می‌شوند.

۲- تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها، يك روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. اندازه‌گیری کارآیی به دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد يك شرکت یا سازمان، همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. در سال ۱۹۵۷، فارل^۷ با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارآیی

¹ Black & Litterman

² Dai & Wen

³ Wu et al.

⁴ Rasoulzadeh & Fallah

⁵ Kalayci et al.

⁶ Perrin & Roncalli

⁷ Farrell



در مباحث مهندسی، به اندازه‌گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام نمود. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مد نظر قرار داد، شامل يك ورودی و يك خروجی بود. چارنز، کوپر و رودز^۱ دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارائه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت؛ این الگو، تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت و برای اولین بار، در رساله‌ی دکتری ادوارد رودز و به راهنمایی کوپر، تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا، در سال ۱۹۷۶ در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرار گرفت (چارنز و همکاران^۲، ۱۹۷۸). از آنجا که این الگو توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه گردید، به الگویی که از حروف اول نام سه فرد یادشده تشکیل شده است، معروف گردید و در سال ۱۹۷۸، در مقاله‌ای با عنوان اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده، ارائه شد (چارنز، ۱۹۷۸).

در سال‌های اخیر، مطالعات ارزشمندی در توسعه و کاربردهای مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها انجام گرفته است (توما و همکاران^۳، ۲۰۱۷؛ کوتین و همکاران^۴، ۲۰۱۷؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۸؛ عدالت پناه^۵، ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۹؛ ۲۰۲۰؛ کُهل و همکاران^۶، ۲۰۱۹؛ بنکر و همکاران^۷، ۲۰۱۹؛ سلطانی و همکاران^۸، ۲۰۲۰؛ مائو و همکاران^۹، ۲۰۲۰؛ یانگ و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۰). استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی نسبی واحدها، نیازمند تعیین دو مشخصه‌ی اساسی ماهیت الگو و بازده به مقیاس الگو است که در زیر به تشریح هر يك پرداخته می‌شود:

۲-۱- ماهیت الگوی مورد استفاده

الف. ماهیت ورودی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی، با ثابت نگه‌داشتن سطح خروجی‌ها، سعی در حداقل سازی ورودی‌ها داشته باشیم، ماهیت الگوی مورد استفاده، ورودی است.

ب. ماهیت خروجی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی، با ثابت نگه‌داشتن سطح ورودی‌ها، سعی در افزایش سطح خروجی داشته باشیم، ماهیت الگوی مورد استفاده، خروجی است. با دیدگاه ورودی، به دنبال به دست آوردن ناکارایی فنی به‌عنوان نسبتی که بایستی در ورودی‌ها کاهش داده شود، هستیم تا خروجی، بدون تغییر باقی بماند و واحد، در مرز کارایی قرار گیرد. در دیدگاه خروجی، به دنبال نسبتی هستیم که خروجی‌ها باید افزایش یابند، بدون آن که تغییر در ورودی‌ها به وجود آید تا واحد موردنظر به مرز کارایی برسد. در الگوی CCR، مقادیر به‌دست‌آمده برای کارایی در دو دیدگاه، مساوی هستند؛ ولی در مدل BCC، این مقادیر متفاوت می‌باشند. علت انتخاب دیدگاه برای يك الگوی DEA در ارزیابی نسبی عملکرد واحدها این است که در بعضی موارد، مدیریت واحد هیچ کنترلی بر میزان خروجی ندارد و مقدار آن از قبل مشخص و ثابت است؛ مانند نیروگاه برق؛ در این موارد، میزان ورودی‌ها، به‌عنوان متغیر تصمیم است؛ بنابراین، دیدگاه ورودی مورد استفاده قرار می‌گیرد و برعکس، در بعضی از موارد، میزان ورودی، ثابت و مشخص است و میزان تولید (خروجی)، متغیر تصمیم می‌باشد؛ در چنین شرایطی، دیدگاه خروجی مناسب

1 Charnes, Cooper & Rhodes

2 Charnes et al

3 Toma et al.

4 Kutin et al.

5 Edalatpanah

6 Kohl et al.

7 Banker et al.

8 Soltani et al.

9 Mao et al.

10 Yang et al.

است. درنهایت، انتخاب ماهیت (دیدگاه) ورودی و خروجی، بر اساس میزان کنترل مدیر بر هر يك از ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین می‌گردد (کولی و همکاران^۱، ۱۹۹۸).

بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده: بازده به مقیاس، بیان‌گر پیوند بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های يك سیستم است. یکی از توانایی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، کاربرد الگوهای مختلف متناظر با بازده به مقیاس‌های متفاوت و همچنین اندازه‌گیری بازده به مقیاس واحدهاست.

الف: بازده به مقیاس ثابت: بازده به مقیاس ثابت یعنی هر مضربی از ورودی‌ها، همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند.

ب: بازده به مقیاس متغیر: بازده به مقیاس متغیر یعنی هر مضربی از ورودی‌ها می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را در خروجی‌ها تولید کند.

الگوی BCC، بازده به مقیاس را متغیر فرض می‌کند (بنکر و ترال^۲، ۱۹۹۲)؛ در این روش، کارایی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی محاسبه می‌شود. بدین ترتیب که برای مجموعه‌ی واحدهای تصمیم‌گیری موجود، چند ورودی و چند خروجی تعریف می‌شود و مقادیر آن‌ها برای هر واحد تصمیم‌گیری محاسبه می‌شوند. سپس مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با ایجاد يك فضای مقایسه‌ای بین واحدهای تصمیم‌گیری، مرز کاراً را تشکیل می‌دهند. هر واحد تصمیم‌گیری که روی مرز قرار داشته باشد به‌عنوان واحد تصمیم‌گیری کاراً شناخته می‌شود و هر کدام که زیر مرز قرار داشته باشند، واحد ناکاراً می‌باشند و میزان ناکارایی آن‌ها بر اساس فاصله تا مرز محاسبه می‌گردد. تاکنون مدل‌های مختلفی در زمینه‌ی تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است. تجزیه و تحلیل تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند به‌صورت ورودی محور و یا خروجی محور باشد (باولین^۳، ۱۹۹۹). در این پژوهش جهت ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری از مدل BCC اصلاح‌شده‌ی ورودی محور استفاده می‌کنیم. این مدل به‌صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \min_{s.t.} \quad & \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \theta y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\ & \lambda_j \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (1)$$

پارامترهای

استفاده‌شده در رابطه‌ی بالا عبارت‌اند از:

θ = کارایی واحد مورد بررسی.

s_i^- و s_r^+ = متغیرهای کمبود و مازاد.

x_{ij} = مقدار ورودی i ام از واحد j ام.

y_{ij} = مقدار خروجی i ام از واحد j ام.

لازم به ذکر است که در رابطه‌ی بالا اگر $\theta^* = 1$ باشد، واحد مورد بررسی، کارآ است و اگر $\theta^* < 1$ باشد، واحد مورد بررسی، ناکارآست. همچنین ε یک مقدار بسیار کوچک است.

۳- برنامه‌ریزی آرمانی

برنامه‌ریزی آرمانی، یکی از مهم‌ترین مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه است و از جمله مدل‌های اساسی است که تصمیم‌گیرنده، هم‌زمان در صدد دستیابی به آرمان‌هایی برای چندین هدف می‌باشد. مسائل برنامه‌ریزی آرمانی مانند سایر مسائل می‌توانند به صورت خطی، غیرخطی و یا اعداد صحیح فرموله شوند و انواع مختلفی را از خانواده‌ی مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی ارائه نمایند. فرم کلی مدل برنامه‌ریزی آرمانی به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Min } z &= \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^m p_k (d_i^- + d_i^+) \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i=1,2,\dots,m, \\ & \sum_{j=1}^n a_{rj} x_j \leq b_r, \quad r=0,1,2,\dots,s, \\ & x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n. \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن:

- x_j : بیان‌گر متغیرهای تصمیم مدل بوده که می‌تواند هر عدد حقیقی غیر منفی را اختیار کند.
 - d_i^+ و d_i^- : متغیرهای انحراف مثبت و منفی از آرمان i ام را نشان می‌دهد.
 - b_i : عدد سمت راست یا سطح تمایل آرمان i ام را بیان می‌دارد.
 - P_k : اولویت k ام ($k = 1, 2, \dots, q$) آرمان را مشخص می‌کند.
 - a_{ij} : ضرایب فنی مدل را ارائه می‌نماید.
 - C_{ij} : ضرایب متغیرهای تصمیم j ام در آرمان i را نشان می‌دهد.
 - b_r : عدد سمت راست محدودیت‌های کارکردی.
- این مدل دارای n متغیر تصمیم، m آرمان، k اولویت و s محدودیت کارکردی است. روابط ریاضی موجود در مدل، خطی و از درجه یک است (چارنز و همکاران، ۱۹۸۷).

۴- محاسبه داده‌ها

در این پژوهش، متغیرهای تحلیل پوششی داده‌ها عبارت‌اند از:

- **متغیرهای ورودی:** میزان دارایی و میزان سرمایه.
- **متغیرهای خروجی:** حاشیه سود خالص، میزان بازده دارایی و بازده حقوق صاحبان سهام.

هم‌چنین متغیرهای برنامه‌ریزی آرمانی به شرح زیر است:

- بازده سهام، ریسک سهام و میزان نقد شوندگی سهام.

آرمان‌ها در این پژوهش، بیشینه کردن دو متغیر بازده و نقد شوندگی و نیز، کمینه کردن متغیر ریسک می‌باشد؛ بنابراین با توجه به متغیرهای تحقیق، تعریف عملیاتی زیر را در نظر می‌گیریم.

دارایی: میزان دارایی هر شرکت، از سمت راست ترازنامه سال مالی منتهی به ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ استخراج می‌شود. طبق معادله حسابداری، دارایی برابر است با مجموع حقوق صاحبان سهام و بدهی.

سرمایه: سرمایه هر شرکت، از سمت راست ترازنامه سال مالی منتهی به ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ در بخش حقوق صاحبان سهام قسمت سرمایه ثبت شده، استخراج می‌گردد.

کل درآمدها / سود خالص = حاشیه سود

نرخ بازده دارایی: این متغیر توسط فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

مجموع دارایی‌ها / سود خالص = نسبت بازده دارایی

نرخ بازده حقوق صاحبان سهام: این متغیر از فرمول زیر قابل محاسبه است.

حقوق صاحبان سهام / سود خالص = بازده حقوق صاحبان

متغیر وابسته در این تحقیق نیز عملکرد و کارایی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در صنایع منتخب است.

۴-۱- بازده یک پرتفوی

بازده یک پرتفوی، میانگین موزون بازده سهام مختلف است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_p = X_a R_a + X_b R_b + \dots \dots \dots (3)$$

در این رابطه، R_p بازده مجموعه، X_a و X_b درصد سرمایه‌گذاری در سهام a و b و R_a ، R_b بازده سهام a و b می‌باشند.

بازده مورد انتظار هر پرتفوی از طریق میانگین وزنی بازده مورد انتظار هر یک از اوراق بهادار به آسانی قابل محاسبه است. وزن‌هایی که برای میانگین مورد استفاده قرار می‌گیرند، نسبت‌هایی از وجوه قابل سرمایه‌گذاری است که در هر یک از اوراق بهادار، سرمایه‌گذاری شده‌اند. وزن‌های ترکیب شده عبارت است از مجموع ۱۰۰ درصد کل وجوه قابل سرمایه‌گذاری. بازده مورد انتظار پرتفوی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i E(R_i). (4)$$

که در این معادله داریم:

$E(R_p)$ بازده مورد انتظار پرتفوی، $E(R_i)$ بازده مورد انتظار اوراق بهادار i ، w_i وزن پرتفوی برای i آمین اوراق بهادار

۴-۲ ریسک پرتفوی

ریسک پرتفوی تابعی است از ریسک هر یک از اوراق بهادار و کوواریانس میان بازده هر یک از اوراق بهادار؛ این مفهوم به صورت زیر نشان داده شده است:

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \delta_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \delta_{ij} \quad (5)$$

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \delta_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \rho_{ij} \delta_i \delta_j \quad (6)$$

$$\rho_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{\delta_i \delta_j} \quad (7)$$

که در این رابطه

δ_p^2 واریانس بازده پرتفوی.

δ_i^2 واریانس بازده اوراق بهادار i .

δ_{ij} کوواریانس میان بازده‌های اوراق بهادار i و j .

ρ_{ij} ضریب همبستگی بین بازده‌های اوراق بهادار i و j .

w_i و w_j درصد وجوه سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار i و j .

برای اندازه‌گیری ریسک هر اوراق بهادار، از واریانس بازده‌های مورد انتظار استفاده می‌کنیم. برای محاسبه واریانس یا انحراف معیار مورد انتظار یک اوراق بهادار، از معادله‌های زیر می‌توان استفاده نمود

$$VAR(R) = \delta^2 = \sum_{i=1}^n (R_i - E(R))^2 Pr_i \quad (8)$$

$$SD(R) = \delta = \left[\sum_{i=1}^m (R_i - E(R))^2 Pr_i \right]^{1/2} \quad (9)$$

که در این معادله داریم

$E(R)$: بازده مورد انتظار اوراق بهادار

R_i : امین بازده ممکن

Pr_i : احتمال i امین بازده ممکن

m : تعداد بازده‌های ممکن

w_i : وزن پرتفوی برای i امین اوراق بهادار

۵- مدل تحلیل پوششی داده‌ها

تابع هدف مدل تحلیل پوششی داده‌ها، بر مبنای متغیر که بیان‌گر کارایی هر واحد است، بیان می‌شود. در صورتی که این متغیر یک باشد، واحد کارآ در غیر این صورت، واحد ناکارآ است. پس از تعریف تابع هدف مسئله، محدودیت‌های ورودی مربوط به میزان دارایی و سرمایه را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:



$$A_1\lambda_1 + \dots + A_n\lambda_n - A_j\theta \leq 0. \quad (10)$$

که در آن، λ_i ، i آمین واحد تصمیم‌گیری، $i = 1, \dots, n$ میزان دارایی هر واحد به میلیارد ریال و A_j میزان دارایی j آمین واحد تصمیم‌گیری می‌باشند. با توجه به اینکه مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای هر صنعت، به تفکیک به کاررفته است؛ لذا قسمت اول مدل برای سه صنعت بانکداری، پتروشیمی و دارویی به ترتیب با ارقام مربوطه برای اولین واحد تصمیم‌گیری در هر صنعت، به صورت زیر است:

- بانکداری

$$181\lambda_1 + 221\lambda_2 + 312\lambda_3 + 509\lambda_4 + \\ 181\lambda_6 + 221\lambda_7 + 312\lambda_8 - 181\theta \leq 0. \quad (11)$$

- پتروشیمی

$$1314227\lambda_1 + 2555502\lambda_2 + \dots + \\ 5255194 \lambda_{11} - 1314227\theta \leq 0. \quad (12)$$

- دارویی

$$1509\lambda_1 + 1667\lambda_2 + \dots + 356 \lambda_{24} + 469 \lambda_{24} - 1509\theta \leq 0. \quad (13)$$

- محدودیت سرمایه

$$B_1\lambda_1 + \dots + B_n\lambda_n - B_j\theta \leq 0. \quad (14)$$

که در آن، B_i ، i آمین سرمایه i آمین واحد تصمیم‌گیری، $i = 1, \dots, n$ میزان دارایی هر واحد به میلیارد ریال و B_j ، میزان سرمایه j آمین واحد تصمیم‌گیری می‌باشند.

- بانکداری

$$8000\lambda_1 + 13200\lambda_2 + \dots + \\ 20000\lambda_7 + 45000\lambda_8 - 8000\theta \leq 0. \quad (15)$$

- پتروشیمی

$$160000\lambda_1 + 300000\lambda_2 + \dots + \\ 950000\lambda_{11} - 160000\theta \leq 0. \quad (16)$$



- دارویی

$$378\lambda_1 + 150\lambda_2 + \dots + 35\lambda_{24} + 40\lambda_{24} - 378\theta \leq 0. \quad (17)$$

محدودیت‌های خروجی:

محدودیت بازده حقوق صاحبان سهام:

$$C_1\lambda_1 + C_2\lambda_2 \dots + C_n\lambda_n - C_j \geq 0. \quad (18)$$

که در آن، C_i بازده حقوق صاحبان سهام i امین واحد تصمیم‌گیری و C_j بازده حقوق صاحبان سهام j امین واحد کارایی است. این محدودیت برای سه صنعت انتخابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

- بانکداری

$$1.92\lambda_1 + 1.82\lambda_2 + \dots + 0.68\lambda_7 + 4.46\lambda_8 \geq 1.92. \quad (19)$$

- پتروشیمی

$$33.99\lambda_1 + 20.57\lambda_2 + \dots + 42.71\lambda_{11} \geq 33.99. \quad (20)$$

- دارویی

$$32.31\lambda_1 + 37.31\lambda_2 + \dots + 44.89\lambda_{23} + 20.07\lambda_{24} \geq 32.31. \quad (21)$$

محدودیت بازده دارایی‌ها:

$$D_1\lambda_1 + D_2\lambda_2 \dots + D_n\lambda_n \geq D_j. \quad (22)$$

که در آن D_i بازده دارایی‌های i امین واحد تصمیم‌گیری و D_j بازده دارایی‌های j امین واحد کارایی است؛ این محدودیت برای سه صنعت انتخابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

- بانکداری

$$28.97\lambda_1 + 25.77\lambda_2 + \dots + 18.51\lambda_7 + 39.43\lambda_8 \geq 28.97. \quad (23)$$

- پتروشیمی

$$\lambda_1 + 6\lambda_2 + \dots + 21\lambda_{11} + 19.29\lambda_{11} \geq 33.99.11/04 \quad (24)$$

– دارویی

$$16 \lambda_1 + 14.26 \lambda_2 + \dots + 11.08 \lambda_{23} + 3.05 \lambda_{24} \geq 16. \quad (25)$$

محدودیت حاشیه سود خالص

$$E_1 \lambda_1 + E_2 \lambda_2 \dots + E_n \lambda_n \geq E_j. \quad (26)$$



مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی

۱۰

که در آن E_i حاشیه سود خالص i امین واحد تصمیم‌گیری و E_j حاشیه سود خالص j امین واحد کارایی است؛ این محدودیت برای سه صنعت انتخابی به صورت زیر نوشته می‌شود:

– بانکداری

$$41.74 \lambda_1 + 11.05 \lambda_2 + \dots + 8.53 \lambda_7 + 30 \lambda_8 \geq 411.74. \quad (27)$$

– پتروشیمی

$$\lambda_1 + 10.7 \lambda_2 + \dots + 0.15 \lambda_{10} + 32.48 \lambda_{11} \geq 16.01.16/01 \quad (28)$$

– دارویی

$$21.66 \lambda_1 + 23.27 \lambda_2 + \dots + 11.61 \lambda_{24} + 5.92 \lambda_{25} \geq 21.66. \quad (29)$$

۶- مدل برنامه‌ریزی آرمانی

پس از شناسایی شرکت‌های کارآ، شامل ۱۲ شرکت، به انتخاب پرتفوی مناسب سهام از بین این شرکت‌ها می‌پردازیم. در رویکرد اول، فقط آرمان‌های بازده و ریسک در مدل آورده می‌شوند و در رویکرد دوم، نقد شوندگی نیز به آن اضافه می‌گردد.

تابع هدف در این مدل به صورت زیر است:

$$\min : p_1 d_1 + p_2 d_2 + p_3 d_3. \quad (30)$$

که در آن d_1, d_2, d_3 به ترتیب، میزان انحراف بازده مورد انتظار، ریسک و نقد شوندگی از مقدار مورد انتظار و p_1, p_2, p_3 ضرایب اهمیت هر کدام از این متغیرها در انتخاب سبد می‌باشند.

محدودیت بازده:

$$\sum_{i=1}^n R_i x_i + d_1^- - d_1^+ = r_e. \quad (31)$$

که در آن x_i درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در پرتفوی و R_i میانگین هندسی بازده سه سال آخر هر سهم و r_e میانگین حسابی بازده سهم شرکت‌های کارا است. d_1^+ و d_1^- میزان انحراف بازده کل از بازده مورد انتظار سبد می‌باشد.

$$18.75 x_1 + 22.82 x_2 + \dots + 19.36 x_{11} + d_1^- - d_1^+ = 17.34. \quad (32)$$

محدودیت ریسک:

$$\sum_{i=1}^n \delta_i x_i + d_2^- - d_2^+ = \delta_e. \quad (33)$$

که در آن δ_i میزان انحراف معیار سه سال آخر هر سهم و δ_e میانگین حسابی انحراف معیار شرکت‌های کارا است. d_2^+ و d_2^- میزان انحرافات می‌باشد.

$$5.43 x_1 + 6.18 x_2 + \dots + 7.60 x_{12} + d_2^- - d_2^+ = 4.69. \quad (34)$$

محدودیت نقد شوندگی:

$$\sum_{i=1}^n L_i x_i + d_3^- - d_3^+ = L_e. \quad (35)$$

که در آن L_i رتبه نقد شوندگی هر سهم و L_e میانگین حسابی رتبه نقد شوندگی شرکت‌های کارا و d_3^+ و d_3^- میزان انحرافات است.

$$80 x_1 + 100 x_2 + \dots + 9 x_{12} + d_3^- - d_3^+ = 43.58. \quad (36)$$

محدودیت سیستمی: این محدودیت مربوط به مجموع درصد سرمایه‌گذاری سهام شرکت‌های مختلف در پرتفوی است که به‌صورت زیر بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1. \quad (37)$$

این محدودیت در دو رویکرد به‌صورت زیر بسط داده می‌شود:

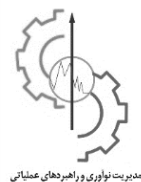
$$x_1 + x_2 + \dots + x_{12} = 1. \quad (38)$$

۷- شبیه‌سازی

با حل مدل‌های ارائه‌شده در بخش‌های قبل با استفاده از نرم‌افزار گمز، نتایج جداول ۱ تا ۵ و شکل‌های ۱ تا ۳ حاصل می‌گردد:

جدول ۱- متغیرهای تصمیم.
Table 1- Decision variables.

متغیر	سهام
X_1	پارس دارو
X_2	تهران شیمی
X_3	دارو ابوریحان
X_4	ایران دارو
X_5	تهران دارو
X_6	پتروشیمی بیستون
X_7	پتروشیمی پردیس
X_8	پتروشیمی فارابی
X_9	بانک اقتصاد نوین
X_{10}	بانک پارسیان
X_{11}	بانک کارآفرین
X_{12}	بانک سینا



مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی

۱۲

عدالت پناه و همکاران / مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۱، صفحه: ۱-۱۶

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	1.000	+INF	.
2	.	.	+INF	0.997
3	.	.	+INF	3.037
4	.	.	+INF	2.693
5	.	.	+INF	.
6	.	.	+INF	0.886
7	.	.	+INF	2.634
8	.	.	+INF	3.491
VAR teta	-INF	1.000	+INF	.
VAR z	-INF	0.517	+INF	.

شکل ۱- خروجی گمز برای اولین واحد در صنعت بانکداری.
Figure 1- GAMS output for the first module in banking.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	.	+INF	0.483
2	.	.	+INF	1.985
3	.	.	+INF	8.882
4	.	0.079	+INF	.
5	.	.	+INF	3.217
6	.	0.037	+INF	.
7	.	.	+INF	4.240
8	.	.	+INF	7.411
9	.	.	+INF	2.689
10	.	0.884	+INF	.
11	.	.	+INF	1.951
VAR teta	-INF	0.517	+INF	.
VAR z	-INF	0.517	+INF	.

شکل ۲- خروجی گمز برای اولین واحد در صنعت پتروشیمی.
Figure 2- GAMS output for the first module in petrochemical.



GAMS					
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help					
Untitled_5.gms Untitled_6.gms Untitled_7.gms Untitled_5.lst Untitled_6.lst Untitled_7.lst					
<div> <div> Compilation Equation Listing Column Listing Model Statistics Solution Report SolIEQU SolVAR lанда teta z </div> <div> SOLVE transport Using LP From line 53 SOLVE transport Using LP From line 53 SOLVE transport Using LP From line 53 SOLVE transport Using LP From line 53 </div> </div>					
1	.	.	+INF	0.822	
2	.	.	+INF	0.926	
3	.	.	+INF	1.127	
4	.	.	+INF	0.424	
5	.	.	+INF	0.502	
6	.	.	+INF	0.465	
7	.	.	+INF	0.385	
8	.	.	+INF	1.105	
9	.	.	+INF	0.515	
10	.	.	+INF	0.311	
11	.	.	+INF	0.172	
12	.	.	+INF	0.710	
13	.	.	+INF	0.265	
14	.	.	+INF	0.392	
15	.	.	+INF	0.137	
16	.	.	+INF	0.094	
17	.	.	+INF	0.437	
18	.	.	+INF	0.216	
19	.	.	+INF	0.400	
20	.	.	+INF	0.107	
21	.	.	+INF	0.059	
22	.	.	+INF	0.184	
23	.	1.000	+INF	.	
24	.	.	+INF	0.058	
25	.	.	+INF	0.133	
			LOWER	LEVEL	UPPER MARGINAL
---- VAR teta			-INF	0.178	+INF .
---- VAR z			-INF	0.178	+INF .

شکل ۳- خروجی گمز برای اولین واحد در صنعت دارویی.

Figure 3- GAMS output for the first module in pharmaceutical.

جدول ۲- میزان کارایی شرکت‌ها.

Table 2- Efficiency of companies.

ادامه صنعت دارویی		صنعت بانکداری	
θ	DMU	θ	DMU
۰.۰۶۰۰۰۰	کارخانجات داروپخش	۱.۰۰۰۰۰۰	بانک اقتصاد نوین
۰.۰۱۳۸۰۰	البرزدارو	۱.۰۰۰۰۰۰	بانک پارسیان
۰.۱۳۰۰۰۰	دارو رازک	۰.۳۹۵۷۱۴۲	بانک پاسارگاد
۰.۱۲۰۰۰۰	دارو اسوه	۰.۲۲۸۵۷۱۴	بانک تجارت
۰.۳۰۵۰۰۰	مواد داروپخش	۱.۰۰۰۰۰۰	بانک سینا
۰.۰۶۶۰۰۰	دارو اکسیر	۰.۱۷۴۶۲۶۷	بانک صادرات ایران
۰.۲۱۰۰۰۰	کیمیدارو	۰.۲۰۰۰۰۰۰	بانک ملت
۱.۰۰۰۰۰۰	پارس دارو	۱.۰۰۰۰۰۰۰	بانک کارآفرین
۰.۲۷۸۰۰۰	سینا دارو	صنعت پتروشیمی	
۱.۰۰۰۰۰۰	تهران شیمی	۰.۴۵۷۱۱۲۵	پتروشیمی آبادان
۰.۱۹۰۰۰۰	داروسازی کوثر	۰.۵۳۰۷۳۷۶	پتروشیمی اصفهان
۰.۱۵۰۰۰۰	دارو زهراوی	۰.۱۱۶۷۳۹۵	پتروشیمی امیرکبیر
۰.۳۰۰۰۰۰	سیحان دارو	۱.۰۰۰۰۰۰۰	پتروشیمی بیستون
۰.۳۳۶۰۰۰	روز دارو	۱.۰۰۰۰۰۰۰	پتروشیمی پردیس
۱.۰۰۰۰۰۰	دارو ابوریحان	۰.۸۰۸۵۴۹۳	پتروشیمی خارک
۰.۱۸۰۰۰۰	دارو عبیدی	۰.۶۰۹۴۹۱۴	پتروشیمی زاگرس
۰.۱۲۸۰۰۰	دارو لقمان	۰.۶۰۹۶۷۹۰	پتروشیمی شازند
۰.۲۵۱۰۰۰	دارو امین	۰.۵۱۵۵۷۸۲	پتروشیمی شیراز
۰.۲۴۰۰۰۰	فرآورده تزریقی	۱.۰۰۰۰۰۰۰	پتروشیمی قارابی
۰.۲۶۴۰۰۰	دارو داملران رازک	۰.۵۸۹۷۸۹۶	پتروشیمی فن آوران
۱.۰۰۰۰۰۰	ایران دارو	صنعت دارویی	
۰.۳۰۶۰۰۰	شیمی داروپخش	۰.۲۱۰۰۰۰۰	دارو جابراین حیان
۱.۰۰۰۰۰۰	تهران دارو	۰.۰۸۱۰۰۰۰	دارو قارابی

جدول ۳- وضعیت کارایی شرکت‌های مورد مطالعه در صنعت بانکداری.

Table 3- Efficiency of the studied companies in the banking industry.

صنعت بانکداری			
کارا	بانک سینا	کارا	بانک اقتصاد نوین
ناکارا	بانک صادرات ایران	کارا	بانک پارسیان
ناکارا	بانک ملت	ناکارا	بانک پاسارگاد
کارا	بانک کارآفرین	ناکارا	بانک تجارت

جدول ۴- وضعیت کارایی شرکت‌های مورد مطالعه در صنعت پتروشیمی.

Table 4- Efficiency of the studied companies in the banking petrochemical.

صنعت پتروشیمی			
ناکارا	پتروشیمی زاگرس	ناکارا	پتروشیمی آبادان
ناکارا	پتروشیمی شازند	ناکارا	پتروشیمی اصفهان
ناکارا	پتروشیمی شیراز	ناکارا	پتروشیمی امیرکبیر
کارا	پتروشیمی فارابی	کارا	پتروشیمی بیستون
ناکارا	پتروشیمی فن آوران	کارا	پتروشیمی پردیس
		ناکارا	پتروشیمی خارک

جدول ۵- وضعیت کارایی شرکت‌های مورد مطالعه در صنعت دارویی.

Table 5- Efficiency of the studied companies in the banking pharmaceutical.

صنعت دارویی			
ناکارا	دارو زهراوی	ناکارا	دارو جابرین حیان
ناکارا	سبحان دارو	ناکارا	دارو فارابی
ناکارا	روز دارو	ناکارا	کارخانجات داروپخش
کارا	دارو ابوریحان	ناکارا	البرز دارو
ناکارا	دارو عبیدی	ناکارا	دارو رازک
ناکارا	دارو لقمان	ناکارا	دارو اسوه
ناکارا	دارو امین	ناکارا	مواد داروپخش
ناکارا	فرآورده تزریقی	ناکارا	دارو اکسیر
ناکارا	دارو داملران رازک	ناکارا	کیمیدارو
کارا	ایران دارو	کارا	پارس دارو
ناکارا	شیمی داروپخش	ناکارا	سینا دارو
کارا	تهران دارو	کارا	تهران شیمی
		ناکارا	داروسازی کوثر

رویکرد اول: از بین شرکت‌های کارای موجود در سه صنعت منتخب (شامل ۱۲ شرکت) با توجه به آرمان‌های بازده و ریسک، به تعیین درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در سبد پرداخته شد. نتایج به صورت **جدول ۶** است:

جدول ۶- درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در رویکرد اول.

Table 6- Percentage of investment per share in the first approach.

سهم	متغیر	درصد سرمایه‌گذاری در هر سهم
تهران شیمی	X_7	۳۸.۷٪
بانک اقتصاد نوین	X_9	۵۵.۷٪
بانک پارسیان	X_{10}	۵.۵٪

رویکرد دوم: در این حالت کمیت نقد شوندگی علاوه بر دو کمیت دیگر به مدل اضافه می‌شود؛ که نتایج به صورت **جدول ۷** است:

جدول ۷- درصد سرمایه‌گذاری هر سهم در رویکرد دوم.

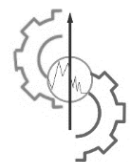
Table 7- Percentage of investment per share in the second approach.

سهم	متغیر	درصد سرمایه‌گذاری در هر سهم
پارس دارو	X_1	۴۶.۱٪
پتروشیمی فارابی	X_8	۴۵.۶٪
بانک کارآفرین	X_{11}	۱.۵٪
بانک سینا	X_{12}	۶.۸٪

بحث خرید سهام و تشکیل پرتفوی از مباحث بسیار مهم مدیریت است برای انتخاب بهینه استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و بهینه‌سازی ریاضی ابزاری مناسب جهت انتخاب پرتفوی و مدیریت آن است. شرکت‌های سرمایه‌گذاری، صندوق‌ها و غیره که عمده فعالیت آن‌ها تشکیل پرتفوی است می‌توانند ابتدا استراتژی خود را تعیین و سپس آن را به قیدهای مختلف تفکیک کرده و با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی به انتخاب پرتفوی خود بپردازند. استفاده از پرتفوی شرکت‌های کارا برای سرمایه‌گذاری منجر به کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و انتخاب پرتفوی مناسب می‌گردد. همچنین با استفاده از نتایج الگو می‌توان پس از رتبه‌بندی شرکت‌ها به تحلیل حساسیت آن‌ها پرداخته و با تعیین نقاط ضعف و شناخت میزان تأثیر متغیرها، جهت بالا بردن سطح کارایی شرکت‌ها اقدام نمایند.

منابع

- Banker, R. D., & Thrall, R. M. (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 62(1), 74-84.
- Banker, R., Natarajan, R., & Zhang, D. (2019). Two-stage estimation of the impact of contextual variables in stochastic frontier production function models using data envelopment analysis: second stage OLS versus bootstrap approaches. *European journal of operational research*, 278(2), 368-384.
- Black, F., & Litterman, R. (1992). Global portfolio optimization. *Financial analysis journal*, 48(5), 28-43.
- Bowlin, W. F. (1999). An analysis of the financial performance of defense business segments using data envelopment analysis. *Journal of accounting and public policy*, 18(4-5), 287-310.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.



- Coelli, T., Rao, D. S. P., & Batteseo, G. E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Kluwer academic publisher.
- Dai, Z., & Wen, F. (2018). Some improved sparse and stable portfolio optimization problems. *Finance research letters*, 27, 46-52. DOI: 10.1016/j.frl.2018.02.026
- Edalatpanah, S. A. (2018). Neutrosophic perspective on DEA. *Journal of applied research on industrial engineering*, 5(4), 339-345.
- Edalatpanah, S. A. (2019). A data envelopment analysis model with triangular intuitionistic fuzzy numbers. *International journal of data envelopment analysis*, 7(4), 47-58.
- Edalatpanah, S. A. (2020). Data envelopment analysis based on triangular neutrosophic numbers. *CAAI transactions on intelligence technology*, 5(2), 94-98.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society: series a (general)*, 120(3), 253-281.
- Kohl, S., Schoenfelder, J., Fügener, A., & Brunner, J. O. (2019). The use of data envelopment analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. *Health care management science*, 22(2), 245-286.
- Kalayci, C. B., Polat, O., & Akbay, M. A. (2020). An efficient hybrid metaheuristic algorithm for cardinality constrained portfolio optimization. *Swarm and evolutionary computation*, 54, 100662. DOI: 10.1016/j.swevo.2020.100662
- Kutin, N., Nguyen, T. T., & Vallée, T. (2017). Relative efficiencies of ASEAN container ports based on data envelopment analysis. *The Asian journal of shipping and logistics*, 33(2), 67-77.
- Mao, X., Guoxi, Z., Fallah, M., & Edalatpanah, S. A. (2020). A neutrosophic-based approach in data envelopment analysis with undesirable outputs. *Mathematical problems in engineering*, 4, 1-8. DOI: 10.1155/2020/7626102
- Perrin, S., & Roncalli, T. (2020). Machine learning optimization algorithms & portfolio allocation. *Machine learning for asset management: new developments and financial applications*, 261-328. DOI: 10.13140/RG.2.2.13566.95047
- Rasoulzadeh, M., & Fallah, M. (2020). An overview of portfolio optimization using fuzzy data envelopment analysis models. *Journal of fuzzy extension and applications*, 1(3), 188-197.
- Soltani, M. R., Edalatpanah, S. A., Sobhani, F. M., & Najafi, S. E. (2020). A novel two-stage DEA model in fuzzy environment: application to industrial workshops performance measurement. *International journal of computational intelligence systems*, 13(1), 1134-1152.
- Toma, P., Miglietta, P. P., Zurlini, G., Valente, D., & Petrosillo, I. (2017). A non-parametric bootstrap-data envelopment analysis approach for environmental policy planning and management of agricultural efficiency in EU countries. *Ecological indicators*, 83, 132-143. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.07.049
- Wu, Y., Xu, C., Ke, Y., Tao, Y., & Li, X. (2019). Portfolio optimization of renewable energy projects under type-2 fuzzy environment with sustainability perspective. *Computers & industrial engineering*, 133, 69-82. DOI: 10.1016/j.cie.2019.04.050
- Yang, W., Cai, L., Edalatpanah, S. A., & Smarandache, F. (2020). Triangular single valued neutrosophic data envelopment analysis: application to hospital performance measurement. *Symmetry*, 12(4), 588.
- Zhou, H., Yang, Y., Chen, Y., & Zhu, J. (2018). Data envelopment analysis application in sustainability: the origins, development and future directions. *European journal of operational research*, 264(1), 1-16.

